

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-135608

(43)Date of publication of application : 13.05.2003

(51)Int.Cl.

A61N 5/10  
G21K 1/093  
G21K 5/04  
G21K 5/10  
H01J 37/04  
H05H 7/04

(21)Application number : 2002-207327

(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 16.07.2002

(72)Inventor : KATAOKA SHOJI  
TACHIKAWA TOSHIKI

(30)Priority

Priority number : 2001223271

Priority date : 24.07.2001

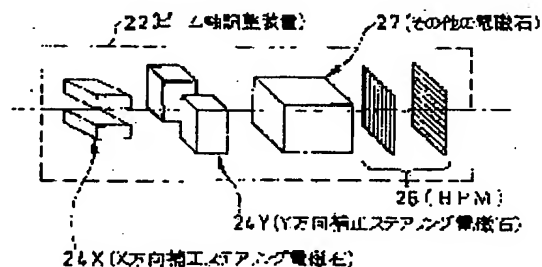
Priority country : JP

## (54) BEAM AXIS-ADJUSTING DEVICE AND IRRADIATION DEVICE FOR CHARGED PARTICLE BEAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a dose distribution of a favorable precision by a double scatterer entering method over a short period of time, and adjust the dose distribution in real time even during a medical treatment irradiation.

SOLUTION: This beam axis-adjusting device 22 is equipped with a beam location detector 26, steering electromagnets 24X and 24Y or a deflecting electromagnet (27). In this case, the beam location detector 26 is provided in a beam transport system of a charged particle system. The steering electromagnets 24X and 24Y or the deflecting electromagnet (27) are provided on the entering side. By such a beam axis-adjusting device 22, the precision of the beam axis is guaranteed, and a flat dose distribution is ensured by precisely adjusting the location of a second scatterer 20B based on the measurement result of a monitor 20D of the dose distribution.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-135608

(P2003-135608A)

(43) 公開日 平成15年5月13日 (2003.5.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
A 6 1 N 5/10		A 6 1 N 5/10	H 2 G 0 8 5
G 2 1 K 1/093		G 2 1 K 1/093	D 4 C 0 8 2
5/04		5/04	A 5 C 0 3 0
5/10		5/10	C
			M
審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 7 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2002-207327 (P2002-207327)

(22) 出願日 平成14年7月16日 (2002.7.16)

(31) 優先権主張番号 特願2001-223271 (P2001-223271)

(32) 優先日 平成13年7月24日 (2001.7.24)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72) 発明者 片岡 昌治

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機

械工業株式会社新居浜製造所内

(72) 発明者 立川 敏樹

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機

械工業株式会社新居浜製造所内

(74) 代理人 100080458

弁理士 高矢 論 (外2名)

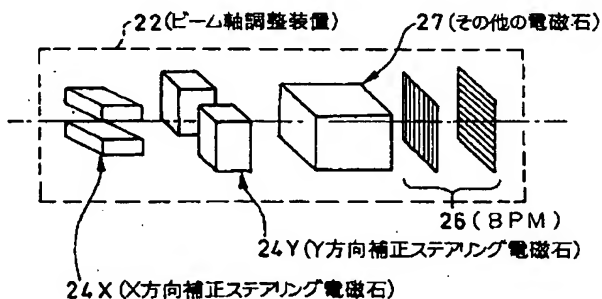
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線のビーム軸調整装置及び照射装置

(57) 【要約】

【課題】 二重散乱体入射方式で精度の良い線量分布を短時間で得て、治療照射中でもリアルタイムで線量分布を調整可能とする。

【解決手段】 荷電粒子系のビーム輸送系に設けられたビーム位置検出器26と、その入側に設けられたステアリング電磁石24X、24Yあるいは偏向電磁石(27)を備えたビーム軸調整装置22により、ビーム軸の精度を保証し、線量分布のモニタ20Dの測定結果をもとに第2散乱体20Bの位置を微調整することで平坦な線量分布を確保する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】荷電粒子線のビーム輸送系に設けられたビーム位置検出器と、  
該ビーム位置検出器の出力に応じてビーム軸の位置を調整するための、該ビーム位置検出器の入側に設けられた、ビーム軸の位置を調整可能なステアリング電磁石あるいは偏向電磁石からなるステアリング手段と、  
を備えたことを特徴とする荷電粒子線のビーム軸調整装置。

【請求項2】請求項1に記載の荷電粒子線のビーム軸調整装置が、ビーム輸送系に直列に複数設けられていることを特徴とする荷電粒子線の照射装置。

【請求項3】請求項2に記載の複数のビーム軸調整装置によるビーム軸の位置の調整を、上流側から順次実施することを特徴とする荷電粒子線のビーム軸調整方法。

【請求項4】照射ノズルが、第1、第2散乱体と、モニタと、該モニタの測定値を基に、前記第2散乱体の位置を調整して、ビーム軸の変化や、ガントリの回転による第2散乱体の位置誤差を補償する手段とを備えた線量分布調整機構を有することを特徴とする荷電粒子線の照射装置。

【請求項5】第1、第2散乱体と、該第2散乱体を透過したビームの重心位置を測定するモニタとを有する照射ノズルを用いて、

前記測定したビームの重心位置が所定位置に無い場合に、その偏差をもとに前記第2散乱体を移動して、平坦な線量分布を得ることを特徴とする荷電粒子線の照射方法。

【請求項6】請求項1に記載のビーム軸調整装置及び請求項4に記載の線量分布調整機構による調整の少なくとも一方を、治療中にリアルタイムで行うことを特徴とする荷電粒子線の照射方法。

【請求項7】請求項1に記載のビーム軸調整装置及び請求項4に記載の線量分布調整機構による調整を、粒子線加速装置から出射される短パルスビームを用い、該パルスの出射タイミングに同期させて行うことを特徴とする荷電粒子線の照射方法。

【請求項8】請求項2又は4に記載の照射装置を用いて、患部に荷電粒子線を照射することを特徴とする粒子線治療装置。

【請求項9】請求項1に記載のビーム軸調整装置によりビーム軸を所定の許容範囲に粗調整した後、更に請求項4に記載の線量分布調整機構により第2散乱体を移動して微調整することを特徴とする荷電粒子線の照射方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、荷電粒子線のビーム軸の位置を調整するための荷電粒子線のビーム軸調整装置、これを用いた荷電粒子線の照射装置、及び、該照射装置を用いて患部に荷電粒子線を照射するようにした

粒子線治療装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】陽子等の粒子線を利用した癌等の治療システムとして、図1に示す如く、例えば、陽子を所定エネルギーまで加速するサイクロトロンと、該サイクロトロンから照射された粒子ビームのエネルギーを、必要に応じて、そのエネルギー分散を制限しながら変えるためのエネルギー分析装置(ESS)とからなる粒子線加速装置1

2、該粒子線加速装置12から取出された粒子ビームの安定軌道を確保し、損失なく照射室へ輸送するためのビーム輸送装置(BTS)14、該ビーム輸送装置14により輸送された粒子ビームを成形処理し、身体の病巣位置に的確に照射するための、粒子線の照射方向が可変とされた回転照射装置(ガントリ)30、及び、粒子線の照射方向が固定された固定照射装置40を含む治療装置10と、照射治療を計画するための診断装置、治療計画システム及び治療具工作機械を含む付属装置42と、加速器やビーム輸送機器へ電力を供給する直流電流電源を主体とした各種電源、電流導体(コイル)直接冷却用の純水冷却供給設備等を含む付帯設備装置44を備えたものが知られている。

【0003】なお、粒子線加速装置12としては、エネルギー分析装置が不要なシンクロトロンも知られている。

【0004】前記回転ガントリ30は、例えば図2に示す如く、任意の角度から患者に粒子線33を照射するためのもので、照射野、照射深さ等の照射要求条件を実現する照射ノズル32と、その入口までビームを輸送するBTS14の端末部(図示省略)と、該BTS14の端末に取付けた照射ノズル32を回転するための構造体36からなり、これに隣接して、患者の患部位置決め装置を含む治療用ベッド34が設けられている。

【0005】このような治療装置による治療に際しては、細い粒子線ビームを、患部の大きさに合わせて最大30cm角程度にまで広げる必要がある。

【0006】そこで、図3に示す如く、図示しない4重極電磁石(Q磁石)により収束され、偏向電磁石16、18により偏向された荷電粒子線を、最終偏向電磁石18の出側に設けた照射ノズル32により広げて、均一な線量分布を得るようにしている。

【0007】平面方向の照射野を形成する代表的な方法としては、散乱体によってビームを広げる散乱体法と、電磁石を調整してビームを走査するビーム走査法があり、前者は、構造が簡単で要求される設置空間が狭い、照射野が時間変化せず時間軸方向の安定性が高い等の特徴を有し、後者は、側方の散乱が少なく(半影が小さく)、ビームの利用効率が高いという特徴を有する。

【0008】前記照射ノズル32は、例えば、前者に属する二重散乱体方式の場合、図4に詳細に示す如く、透過厚さが可変の第1散乱体20Aと、該第1散乱体20Aにより広げられた粒子線ビームの線量分布を調整する

ための、中心部に散乱効果の高い鉛等の原子番号の大きい物質が配設された第2散乱体20Bと、前記散乱体20A、20Bにより形成された線量分布の重心位置を検出するためのモニタ（例えば平坦度モニタ）20Dとを含んで構成される線量分布調整機構20を備えている。

【0009】この二重散乱体方式では、粒子線ビームを第1散乱体20Aで散乱した後、第2散乱体20Bに入射することにより、図5（A）に示すような、ガウス分布を描くビームの線量分布の中心部分を外側に散乱させて、図5（B）に示す如く、分布の平坦化を図るものであり、第2散乱体20Bの中心部には、散乱の効果が大きい物質を設置している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ビーム軸と第2散乱体軸のずれ、即ち、第2散乱体20Bと入射するガウス分布を描くビームの中心部分にずれが生じると、図5（C）に示す如く、第2散乱体20Bの中心部分で散乱されるビームと、周辺部のビームの強度分布のバランスが崩れ、線量分布の平坦度が損なわれる。従って、目標とする照射野に対して、ビーム軸と第2散乱体の位置関係を正確に調整する必要があった。この際、ビーム軸を調整するためには、高精度なビームモニタやガントリ30内の電磁石を使用して、第2散乱体に入射するビーム軸を精度良く調整する機能が不可欠であった。更に、このビーム軸の調整には時間がかかり、治療中の調整が困難であるため、治療前に、必ず線量分布又はビーム軸位置を精密に測定して評価する必要もあった。

【0011】又、図2に示したような回転ガントリ30を使用した治療の場合、ガントリ30の内部に設置した電磁石と荷電粒子線の位置関係が、ガントリの回転角度によってガントリ30のたわみや精度誤差等により変化するため、ガントリ回転方向にビーム位置／拡がりが対称となるようにガントリ30に入射する荷電粒子線を調整するか、又は、ガントリの回転角度別にガントリ内部の電磁石を調整し、個別に条件を設定する必要があった。

【0012】本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、ガントリの回転角度等にかかわらず、散乱体等に入射する荷電粒子線のビーム軸の精度を保証可能とすることを第1の課題する。

【0013】本発明は、又、簡便に均一の線量分布を得ることを第2の課題する。

【0014】本発明は、更に、例えば治療照射中でも、リアルタイムで線量分布を調整可能とすることを第3の課題とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、荷電粒子線のビーム軸調整装置において、荷電粒子線のビーム輸送系に設けられたビーム位置検出器と、該ビーム位置検出器

の出力に応じてビーム軸の位置を調整するための、該ビーム位置検出器の入側に設けられた、ビーム軸の位置を調整可能なステアリング電磁石あるいは偏向電磁石からなるステアリング手段とを備えることにより、前記第1の課題を解決したものである。

【0016】本発明は、又、前記ビーム軸調整装置が、ビーム輸送系に直列に複数設けられた荷電粒子線の照射装置を提供するものである。

【0017】又、前記複数のビーム軸調整装置によるビーム軸の位置の調整を、上流側から順次実施するようにしたものである。

【0018】本発明は、又、照射ノズルが、第1、第2散乱体と、モニタと、該モニタの測定値を基に、前記第2散乱体の位置を調整して、ビーム軸の変化や、ガントリの回転による第2散乱体の位置誤差を補償する手段とを備えた線量分布調整機構を有するようにして、前記第2の課題を解決したものである。

【0019】本発明は、又、荷電粒子線の照射に際して、第1、第2散乱体と、該第2散乱体を透過したビームの重心位置を測定するモニタとを有する照射ノズルを用いて、前記測定したビームの重心位置が所定位置に無い場合に、その偏差をもとに前記第2散乱体を移動して、平坦な線量分布を得るようにしたものである。

【0020】又、前記のビーム軸調整装置及び線量分布調整機構による調整の少なくとも一方を、治療中にリアルタイムで行うことにより、前記第3の課題を解決したものである。

【0021】又、前記のビーム軸調整装置及び線量分布調整機構による調整を、粒子線加速装置から出射される短パルスビームを用い、該パルスの出射タイミングに同期させて行うようにしたものである。

【0022】本発明は、又、前記の照射装置を用いて、患部に荷電粒子線を照射するようにした粒子線治療装置を提供するものである。

【0023】又、前記のビーム軸調整装置によりビーム軸を所定の許容範囲に粗調整した後、更に前記の線量分布調整機構により第2散乱体を移動して微調整するようにした荷電粒子線の照射方法を提供するものである。

【0024】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0025】本実施形態は、図6に示すような、ビーム位置検出器（例えばビームプロファイルモニタ：BPM）26、及び、該BPM26の入側に設けられた、互いに直交する方向にビーム軌道を補正するためのX方向補正ステアリング電磁石24X、Y方向補正ステアリング電磁石24Yからなるビーム軸調整装置22を、図3に示した如く、回転ガントリ30を含むビーム輸送系の照射ノズル入口を含む各所（図3では4箇所）に直列に複数配置して、最終段の照射ノズル32内に設けられる

第2散乱体20Bに入射するビーム軸の精度を保証する。ここで、直列に複数配置するのは、ビーム軸のずれがビーム輸送系の任意の箇所で生じる可能性があり、より確実にビーム軸のずれに対応するためである。更に、ビーム軸の時間的な変化や、ガントリの回転による第2散乱体20Bの位置誤差を、線量分布のモニタ20Dの測定結果をもとに、第2散乱体20Bの位置を微調整することで調整し、平坦な線量分布を確保する。

【0026】なお、電磁石24X、24Yは、どちらか一方のみ設けられる場合もある。

【0027】又、ビーム軸調整装置22において、ステアリング電磁石24X、24YとBPM26の間には、ビーム軌道の方角を切り換えるための偏向電磁石や4重極電磁石等のその他の電磁石27が挿入されることもある。

【0028】又、その他の電磁石27が偏向電磁石である場合、ステアリング電磁石24X又は24Yの代りに、該偏向電磁石(27)を使用することも可能である。あるいは、図3の偏向電磁石18をステアリング電磁石として使用することも可能である。その場合は、該偏向電磁石(27又は18)の主コイルに補正用コイルを巻き足し、該補正用コイルの電流値を調整することができる。

【0029】前記照射ノズル32が有する線量分布調整機構20は、例えば、二重散乱体方式の場合、図7に詳細に示す如く、透過厚さが可変の第1散乱体20Aと、該第1散乱体20Aにより広げられた粒子線ビームの線量分布を調整するための、中心部に散乱効果の高い鉛等の原子番号の大きい物質が配設された第2散乱体20Bと、該第2散乱体20Bの位置を少なくとも2軸方向(X、Y方向)に調整するための散乱体駆動機構20Cと、前記散乱体20A、20Bにより形成された(線量分布の)重心位置を検出するためのモニタ20Dとを含んで構成されている。

【0030】ここでモニタ20Dとしては、平坦度モニタやプロファイルモニタを使用することができる。

【0031】なお、患部における実際の線量分布は、例えば出願人が特開平11-64530で提案した、ドーズモニタを水中で移動しながら、各測定値をプロットする水ファントム型線量分布測定装置により測定することができる。

【0032】前記BPM26による測定値とステアリング電磁石24X、24Yあるいは前記偏向電磁石(27又は18)の補正コイルの電流値の間には、図8に示す如く比例関係があるため、現在のビーム位置と目標位置の差より、ステアリング電磁石24X、24Yあるいは前記偏向電磁石(27又は18)の補正コイルの電流値調整量を求めることが可能である。

【0033】又、第2散乱体20Bの位置とモニタ20Dの測定値より算出された線量分布の重心位置及び患部

における線量分布の平坦度の間にも、図9に示すような比例関係が、X方向、Y方向各々に対してある。従って、通常、線量分布平坦度は、専用の測定器を粒子線照射位置に設置しないと測定できないが、モニタ20Dの測定値と線量分布平坦度の間の比例関係を利用して、モニタ20Dの測定値が目標位置に来るように第2散乱体20Bの位置を調整することで、平坦な線量分布を得ることができる。

【0034】具体的には、BPM26の測定結果をもとに、基準位置との差より、対応するステアリング電磁石24X又は24Yあるいは前記偏向電磁石(27又は18)の補正コイルの電流値の変化量を決定する。この処理を、上流側から順次実施することで、最下流(散乱体への入射位置)でのビーム軸が所定の許容範囲に収まるよう粗調整する。この処理は短時間で完了するため、ガントリ30の回転に対しても迅速にビーム軸を保証することが可能である。ここで、上流側から下流側へ処理を順次実施するのは、ビーム軸のずれの効果が上流側から下流側へ伝搬されるため、ビーム軸のずれが下流側で大きくなりすぎないようにするためである。

【0035】その後、ビーム軸の時間的な変動や、第2散乱体20Bの位置誤差に対しては、第1散乱体20A及び第2散乱体20Bを挿入した状態で、モニタ20Dにより線量分布の重心位置を測定し、重心位置がモニタ20Dの中央に無い場合は、その偏差をもとに第2散乱体20Bを移動してビーム軸位置を微調整し、平坦な線量分布を確保することができる。

【0036】前記ビーム軸及び第2散乱体20Bの位置調整は、極めて短時間で実施可能であるため、治療照射中でもリアルタイムで線量分布を調整することが可能である。

【0037】この際、図10に示す如く、短パルスビームを用いることで、調整中の線量を減少させ、少ない照射量で平坦な線量分布を確保することができる。

【0038】このようにして、本発明に係る処理を特に回転ガントリに対して実施することで、ガントリの任意角度に対して容易にビーム軸の精度を保証することができる。

【0039】なお、前記説明においては、本発明が、陽子線治療装置の回転ガントリに適用されていたが、本発明の適用対象はこれに限定されず、陽子線以外の荷電粒子線を用いた治療装置や照射装置、あるいは、治療装置以外にも同様に適用できることは明らかである。

【0040】

【発明の効果】本発明によれば、ビーム軸の位置を容易に調整することが可能となり、ガントリの回転角度等に拘らず、簡便に散乱体等に入射するビーム軸の精度を保証することが可能となる。

【0041】又、例えば線量分布調整機構の第2散乱体位置の微調整機構と組合せて、ビーム軸の時間的な変化

や第2散乱体の位置設定誤差を補償することで、簡便に均一な線量分布を得ることが可能となる。

【0042】更に、短時間の測定／調整で線量分布の平坦度が確保できるため、例えば治療照射中でも、リアルタイムで線量分布を調整することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の適用対象の一例である陽子線治療装置の全体構成を示すブロック図

【図2】前記陽子線治療装置の回転ガントリの一例を示す斜視図

【図3】本発明が適用された回転ガントリのビーム輸送系の実施形態を示す光路図

【図4】ビーム輸送系の最終段に設けられる照射ノズルの一例の構成を示す斜視図

【図5】従来の問題点を説明するための、ビーム軸と第2散乱体の軸のずれと最終的な線量分布の関係の例を示す線図

【図6】本発明に係るビーム軸調整装置の実施形態の構成を示す斜視図

【図7】同じく線量分布調整機構の概略を示す斜視図

【図8】図6に示したビーム軸調整装置におけるステア

リング電磁石あるいは偏向電磁石補正コイルの電流値とビーム位置検出器測定値の関係の例を示す線図

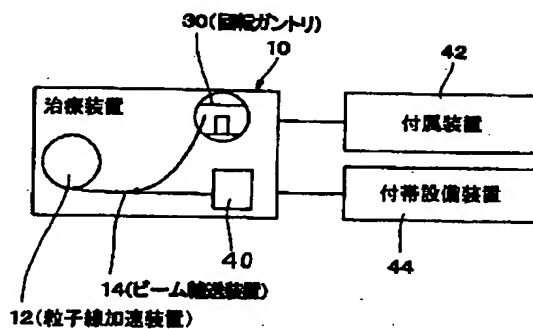
【図9】図7に示した線量分布調整機構における線量分布の傾き及び平坦度モニタ測定値と第2散乱体位置の関係の例を示す線図

【図10】短パルスビームによるビーム軸補正の概念図

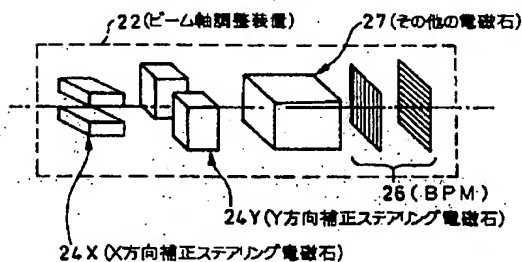
【符号の説明】

- 10…治療装置
- 12…粒子線加速装置
- 14…ビーム輸送装置（BTS）
- 20…線量分布調整機構
- 20A…第1散乱体
- 20B…第2散乱体
- 20C…散乱体駆動機構
- 20D…モニタ
- 22…ビーム軸調整装置
- 24X…X方向補正ステアリング電磁石
- 24Y…Y方向補正ステアリング電磁石
- 26…ビーム位置検出器（BPM）
- 27…その他の電磁石（偏向電磁石）
- 30…回転ガントリ

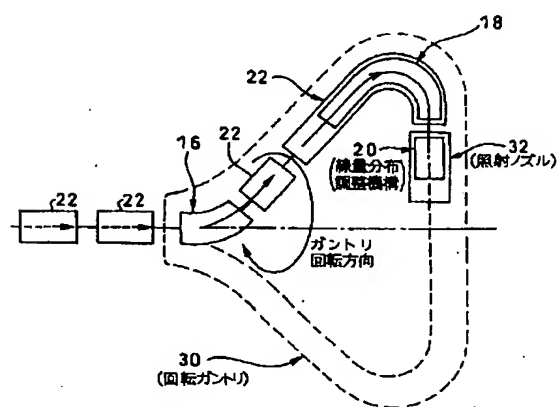
【図1】



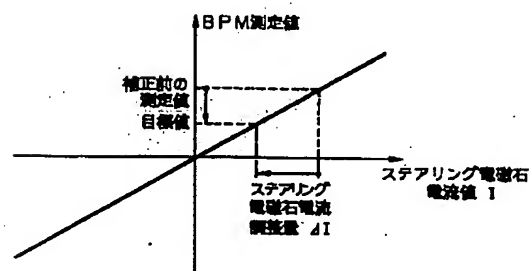
【図6】



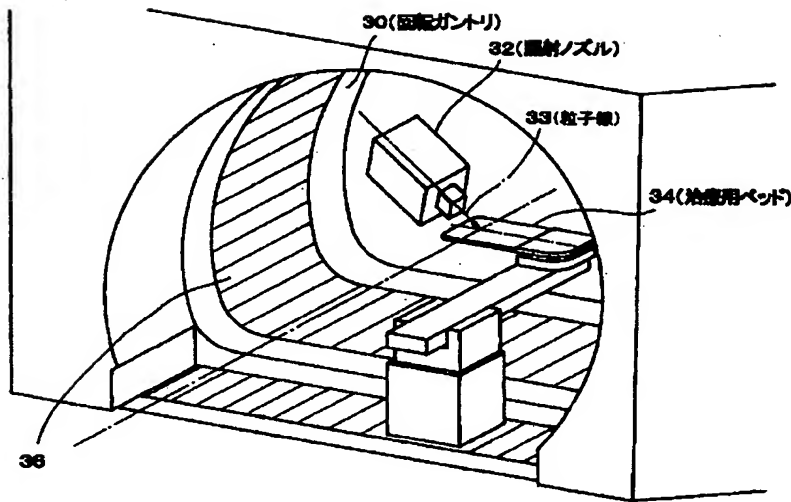
【図3】



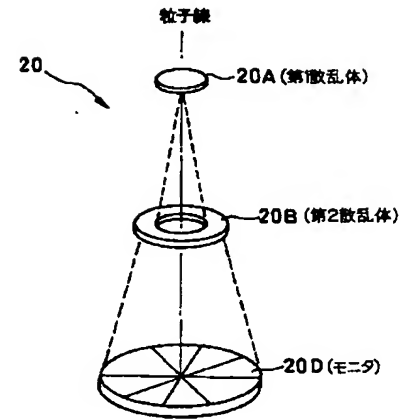
【図8】



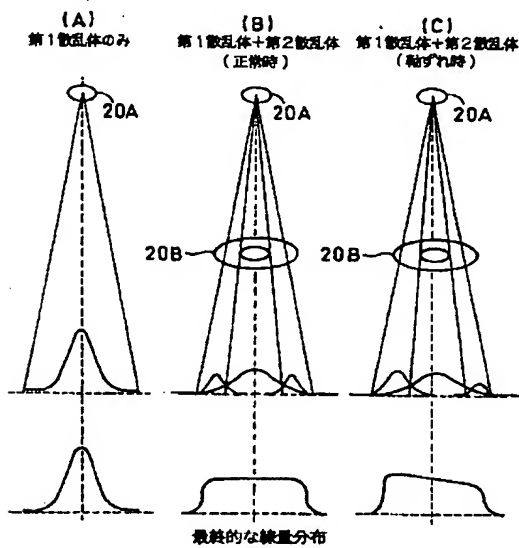
【図2】



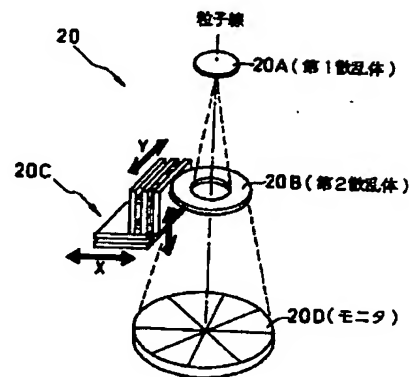
【図4】



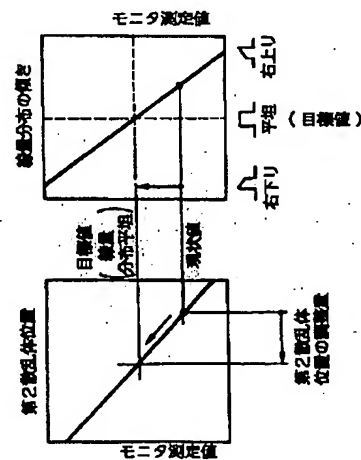
【図5】



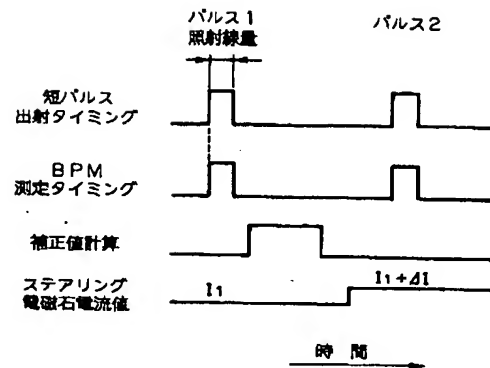
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターコード (参考)

H 0 1 J 37/04

H 0 1 J 37/04

B

H 0 5 H 7/04

H 0 5 H 7/04

Fターム (参考) 2G085 AA11 BA14 CA20 CA26 EA07

4C082 AA01 AG02 AG09 AG11 AG12

AG52

5C030 AA07 AA08 AB06